第 38 卷第 3 期
2018 年 2 月

生　态　学　报
ACTA ECOLOGICA SINICA

Vol.38,No.3
Feb.,2018

DOI: 10.5846/stxb201706141079

艾尼瓦尔·吐米尔,热衣木·马木提,阿不都拉·阿巴斯.新疆博格达山岩面生地衣群落结构特征.生态学报,2018,38(3):1053-1064.

Anwar Tumur, Reyim Mamut, Abdulla Abbas.Community structure characteristics of saxicolous lichens in the Bogda Mountains of Xinjiang, China.Acta Ecologica Sinica,2018,38(3):1053-1064.

新疆博格达山岩面生地衣群落结构特征

艾尼瓦尔·吐米尔,热衣木·马木提,阿不都拉·阿巴斯*

新疆大学生命科学与技术学院, 乌鲁木齐　830046

摘要: 根据对新疆博格达山岩面生地衣群落 20 个样点(20m×20m)调查的数据,以各地衣种的盖度为指标结合双向指示种分析方法(TWINSPAN)和除趋势对应分析法(DCA)对博格达山岩面生地衣群落进行数量分类并分析了群落结构特征及其多样性和相似性。采用典范对应分析法(CCA)对各群落的物种分布格局与环境因子的关系进行研究。结果表明,TWINSPAN 分析和 DCA 排序将分布在博格达山的 37 种岩面生地衣分为以下 5 个群丛。群丛 1:斑纹网衣(*Lecidea tessellate* Florke)+粉芽盾衣(*Peltula euploca* (Ach.) Poelt)+杜瑞氏黄梅(*Xanthoparmelia durietzii* Hale)群丛,有 25 个种,总覆盖度为 30.145%,多样性为 4.025;群丛 2:袋衣(*Hypogymnia physodes*(L.) Nyl.)+白边平茶渍(*Aspicilia sublaqueata* (H.Magn.) J.C.Wei)+砖孢胶衣(*Collema subconveniens* Nyl.)群丛,有 17 个种,地衣总盖度为 15.885%,多样性为 3.196;群丛 3:聚茶渍(*Lecanora accumulate* H.Magn.)+丽石黄衣(*Xanthoria elegans* (Link) Th.Fr.)+ 亚洲平茶渍(*Aspicilia asiatica* (H.Magn.) Yoshim.)群丛,有 30 个种,地衣总盖度为 37.87%,多样性为 4.357;群丛 4:中华石果衣(*Endocarpon sinense* H.Magn.)+伴藓大孢蜈蚣衣(*Physconia muscigena* (Ach.) Poelt.) + 垫脐鳞衣(*Rhizoplaca melanophthalma* (DC.) Leuckert & Poelt)群丛,有 24 个种,地衣总盖度为 30.458%,多样性为 3.912;群丛 5:石胶衣(*Collema flaccidum* (Ach.) Ach.) +短绒皮果衣(*Dermatocarpon vellereum* Zschacke)+绿黑地图衣(*Rhizocarpon viridiatrum* (Wulfen) Korber.)群丛,有 18 个种,地衣总盖度为 19.331%,多样性为 3.515。CCA 排序结果反映,该地区岩面生地衣的分布与海拔高度、光照强度、岩石 pH 和人为干扰有关, 其中影响最大的因素是海拔高度, 其次为光照强度和干扰。坡向和岩石大小对地衣种类分布的影响不显著。

关键词: 岩面生地衣; 群落结构;数量分类;博格达山

Community structure characteristics of saxicolous lichens in the Bogda Mountains of Xinjiang, China

Anwar Tumur, Reyim Mamut, Abdulla Abbas*

College of Life Sciences and Technology, Xinjiang University, Urumqi 830046, *China*

Abstract: In this investigation of saxicolous lichen communities in the Bogda Mountains using 20 quadrats (20m × 20m), the data were classified based on species coverage using two-way indicator species analysis (TWINSPAN) and detrended correspondence analysis (DCA). Community structure characteristics, species diversity, and similarity index were analyzed. The relationship between species distribution of saxicolous lichens and six different environmental factors was examined by canonical correspondence analysis (CCA). The results showed that the saxicolous lichen community can be divided into five associations according to the TWINSPAN analysis and DCA ordination: Association 1 (*Lecidea tessellata* Florke+*Peltula euploca* (Ach.) Poelt+*Xanthoparmelia durietzii* Hale), including 25 species with the total coverage of 30.145% and diversity of 4.025; Association 2 (*Hypogymnia physodes* (L.) Nyl.+*Aspicilia sublaqueata* (H.Magn.) J.C. Wei+*Collema subconveniens* Nyl.), including 17 species with the total coverage of 15.885% and diversity of 3.196; Association 3

基金项目: 国家自然科学基金项目(31660009,31670023)

收稿日期: 2017-06-14;　**修订日期:** 2017-07-27

* 通讯作者 Corresponding author.E-mail: abdulla@ xju.edu.cn

(*Lecanora accumulata* H. Magn.+*Xanthoria elegans* (Link) Th. Fr.+*Aspicilia asiatica* (H. Magn.) Yoshim.), including 30 species with the total coverage of 37.87% and diversity of 4.357; Association 4 (*Endocarpon sinense* H. Magn.+*Physconia muscigena* (Ach.) Poelt.+*Rhizoplaca melanophthalma* (DC.) Leuckert & Poelt), including 24 species with the total coverage of 30.458% and diversity of 3.912; and Association 5 (*Collema flaccidum* (Ach.) Ach.+*Dermatocarpon vellereum* Zschacke+*Rhizocarpon viridiatrum* (Wulfen) Korber.), including 18 species with the total coverage of 19.331% and diversity of 3.515. The CCA ordination results showed that the species composition and distribution pattern of saxicolous lichens were most strongly influenced by altitude, then light intensity, rock pH, and human disturbance; the distribution pattern of the lichen communities did not significantly correlate with aspect and rock size.

Key Words: saxicolous lichen; community structure; quantitative classification; Bogda Mountains

地衣群落研究的目标在于深入地揭示地衣群落的结构、物种多样性、生态、动态、分类及其在不同生态系统中的分布等基本规律[1-2]。地衣群落结构特征是地衣群落的基本属性也是认识群落的组成、变化和发展趋势的基础。一般地衣群落结构反映了群落对环境的适应,演替和动态机制,进而有助于地衣群落的分类和有效保护。物种多样性是生物多样性在物种水平上的表现形式,生态学方面物种分布的均匀程度,一般是从群落组织水平上进行研究,也称为群落多样性[4-5]。群落物种多样的研究是遗传多样性和生态系统多样性研究的基础,是一个群落结构和功能复杂性的量度,是反映群落特征的重要指标之一[2,6]。因此,进行群落物种多样性研究不仅能更好地反映群落在组成、结构、功能和动态等方面的异质性,也可反映不同自然地理条件与群落的相互关系及其发展变化[5-6]。分析地衣群落的结构和物种多样性对揭示地衣群落的更新、稳定性与演替规律具有极为重要的意义[2]。

岩面生地衣是陆地生态系统生物多样性的主要成分之一,定居在岩石上,腐蚀岩石形成土壤,改变岩石的微环境,为其他植物的定居,种群和群落的形成提供栖息地,从而促进植物群落的演替[1,7]。国外地衣生态学研究历史较长,在岩面生地衣与岩石的关系、岩面生地衣群落结构、物种分布等方面进行了不少的定量研究[8-11]。在国内近年来随着植物生态学定量研究的发展,也有学者尝试采用多元分析方法对地面生、树生和岩面生地衣群落进行定量研究[12-14]。其中我们长期以来在新疆乌鲁木齐南部山区、阿尔泰山两河源国家级自然保护区和托木尔峰国家级自然保护区等地区应用双向指示种分析(TWINSPAN)、除趋势对应分析(DCA)、典范对应分析(CCA),除趋势典范对应分析(DCCA)等对岩面生地衣群落的分类,群落物种分布格局、地衣群落和生态环境之间的生态关系进行了定量研究[15-20]。

天池博格达峰国家级自然保护区在极短的水平距离内具有天山北坡典型的山地垂直自然带谱,是全球温带干旱区山地垂直带的典型代表,是中国生物多样性保护优先区域[21-22]。目前有关天池博格达峰国家级自然保护区岩面生地衣群落结构方面尚未见定量研究报道。因此,定量研究该地区岩生地衣群落结构特征以及地衣物种分布与环境因子的关系,对于探明该地区地衣群落结构和生态分布特征提供一定的科学依据,同时认识干旱区地衣植物的分布格局具有一定的参考价值。

1 方法

1.1 研究区概况

天池博格达峰国家级自然保护区位于中国新疆维吾尔自治区阜康市境内,东天山博格达峰北麓,准噶尔盆地古尔班通古特沙漠的南缘,地处 88°00′—88°20′E,43°45′—43°59′N,总面积 38069hm^2。其中:核心区面积 18146hm^2,缓冲区 7162hm^2,实验区 12761hm^2。是新疆维吾尔自治区第一个、中国第七个被纳入联合国“人与生物圈”网络的保护区。博格达峰北邻准噶尔盆地,南隔达坂城谷地与吐鲁番盆地遥遥相望,处于荒漠包围之中。由于山体高大,在 3500m 以上高山地区北冰洋来的湿气流被受阻,故气候湿润多雨,年降水量 600—700mm,年均温-6℃,雪线以上低于-9℃。保护区的核心区处在天山的逆温层中,气温温和稳定,年均温 2℃;

年降水量 497.5mm。保护区种子植物有 200 多种。植被垂直分布明显,自上而下可分为:高山垫状植被带、高山草甸带、亚高山草甸带、山地森林带、山地草原带、河谷落叶阔叶林。森林以原始雪岭云杉林为主,广布于中山带阴坡与河谷[21-22]。

1.2　野外调查

调查样点的设立:在博格达峰自然保护区选择有代表性的地段根据不同的海拔、地形和植被类型设置了 20m×20m 的 20 个样点。调查样点内岩石的海拔高度、坡向、坡度、光照强度、岩石大小、岩石 pH、人为干扰等[8-9,16,18]。

岩面生地衣群落的调查:在每个样点中选择表面较扁平,坡角 0°到 90°之间,面积≥2500cm^2(50cm×50cm)的岩石,设立 20cm×20cm 的小样方 1 至 5 个,每个小样方由 256 个 1.25cm×1.25cm 的小方格组成。记录小样方内出现的每个地衣物种及其所占网格数,同时采集地衣标本。地衣种类盖度以地衣物种出现的网格数占网格总数的百分数表示[9,16,18]。光照强度(岩石表面接受的太阳直射辐照量)根据岩石的坡向、坡度和纬度,采用 Gates(1956)和 Campbell(1998)的公式计算[9,23-24]。

$$S\text{(岩石斜面)} = S\text{(岩石水平面)} \times \cos(i)$$

$$S\text{(岩石水平面)} = S(p) \times \sin(\phi)$$

$$\cos(i) = \cos(\beta)\cos(z) + \sin(z)\sin(\beta)\cos(\alpha - \eta)$$

$$\sin(\phi) = \sin(\lambda)\sin(\delta) + \cos(\lambda)\cos(\delta)\cos(15t)$$

式中,S:太阳直射辐照量;η:岩石的坡向;λ:纬度;δ:太阳赤纬;t:太阳中午时间;z:太阳天顶角;α:太阳方位角;β:岩石坡度。

光照强度的划分标准为:$S<80$(最弱)、$80 \leqslant S<120$(弱)、$120 \leqslant S<160$(中等)、$160 \leqslant S<200$(强)、$S \geqslant 200$(最强)。根据各样点周围的旅游设施、放牧、污染源的距离等目测人为干扰的强度。各样点的环境概况和环境变量的分级见表 1。对所采集的地衣标本在实验室采用形态解剖观察和显色反应方法进行物种鉴定[25-27]。

表 1　博格达山 20 个样点的环境变量及其等级

Table 1　Environmental variables of 20 sampling sites and its class division in Bogda Mountain

样点 Sites	海拔 Altitude/m	光照强度 Light intensity	方向 Aspect	岩石大小/cm Rock size	岩石 pH Rock pH	干扰 Disturb	取样岩石数 Number of Sampled rocks
1	1290	强	北向	100—150	7.47	干扰大	22
2	1437	强	北向	100—150	7.87	干扰大	18
3	1652	强	西南向	50—100	7.52	较多干扰	25
4	1859	强	西向	20—50	7.39	较多干扰	14
5	1955	中等	南向	≥ 200	7.42	较多干扰	20
6	2037	中等	西北向	20—50	7.58	较多干扰	16
7	2134	中等	西北向	100—150	7.23	中等干扰	19
8	2297	最弱	东南向	50—100	7.84	中等干扰	15
9	2376	弱	东南向	50—100	7.72	中等干扰	17
10	2431	最弱	南向	≥ 200	7.51	中等干扰	23
11	2552	弱	北向	100—150	7.35	较少干扰	16
12	2621	弱	北向	≥ 200	7.68	较少干扰	14
13	2726	强	西南向	150—200	7.83	较少干扰	25
14	2802	强	西向	100—150	7.80	较少干扰	28
15	2986	强	南向	150—200	7.74	无干扰	33
16	3053	最强	西北向	≥ 200	7.31	无干扰	15
17	3159	最强	东向	100—150	7.73	无干扰	23
18	3290	最强	北向	≥ 200	7.92	无干扰	26
19	3373	最强	东向	150—200	7.26	无干扰	26
20	3450	最强	西南向	150—200	7.64	无干扰	19

1.3 数据分析

本文以样点为对象,以岩面生地衣的盖度为指标,37 个岩面生地衣种(表 2)和 20 个样点构成 37×20 的矩阵(附录Ⅰ)。

表 2 博格达山岩面生地衣物种组成

Table 2 Species composition of saxicolous lichens in Bogda mountain

编号 Code	种名 Name of species	缩写 Abbreviation
1	糙聚盘衣 *Glypholecia scabra* (Pers.) Muell.Arg.	Gly sca
2	石胶衣 *Collema flaccidum* (Ach.) Ach.	Col fla
3	黑绿胶衣 *Collema fuscovirens* (With.) J.R.Laundon	Col fus
4	砖孢胶衣 *Collema subconveniens* Nyl.	Col sub
5	粉盘平茶渍 *Aspicilia alphoplaca* (Wahlenb.) Poelt et Leuckert	Asp alp
6	亚洲平茶渍 *Aspicilia asiatica* (H.Magn.) Yoshim.	Asp asi
7	白边平茶渍 *Aspicilia sublaqueata* (H.Magn.) J.C.Wei	Asp sub
8	小疣巨孢衣 *Megaspora verrucosa* (Ach.) Hafellner & V.Wirth	Meg ver
9	聚茶渍 *Lecanora accumulata* H.Magn.	Lec acc
10	小茶渍 *Lecanora hageni* (Ach.) Ach.	Lec hag
11	青海茶渍 *Lecanora kukunorensis* H.Magn.	Lec kuk
12	墙茶渍 *Lecanora muralis* (Schreber) Rabenh.	Lec mur
13	垫脐鳞衣 *Rhizoplaca melanophthalma* (DC.) Leuckert & Poelt	Rhi mel
14	盾脐鳞衣 *Rhizoplaca peltata* (Ramond) Leuckert & Poelt	Rhi pel
15	亚凹网衣 *Lecidea subconcava* H.Magn.	Lec sub
16	斑纹网衣 *Lecidea tessellata* Florke	Lec tes
17	袋衣 *Hypogymnia physodes* (L.) Nyl.	Hyp phy
18	朝鲜黄梅 *Xanthoparmelia coreana* (Gyeln.) Hale	Xan cor
19	杜瑞氏黄梅 *Xanthoparmelia durietzii* Hale	Xan dur
20	东方黄梅 *Xanthoparmelia orientalis* Kurok.	Xan ori
21	菊叶黄 *Xanthoparmelia somloensis* (Gyelnik) Hale	Xan som
22	蓝灰蜈蚣衣 *Physcia caesia* (Hofm.) Furnr.	Phy cae
23	伴藓大孢蜈蚣衣 *Physconia muscigena* (Ach.) Poelt.	Phy mus
24	包氏饼干衣 *Rinodina bohlinii* H.Magn.	Rin boh
25	矮饼干衣 *Rinodina demissa* (Flörke) Arnold	Rin dem
26	绿黑地图衣 *Rhizocarpon viridiatrum* (Wulfen) Korber.	Rhi vir
27	地图衣 *Rhizocarpon geographicum* (L.) DC.	Rhi geo
28	淡肤根石耳 *Umbilicaria verginis* Schaerer	Umb ver
29	粉芽盾衣 *Peltula euploca* (Ach.) Poelt	Pel eup
30	石橙衣 *Caloplaca saxicola* (Hoffm.) Nordin	Cal sax
31	灰黄枝衣 *Teloschistes lacunosus* (P.Rupr.) Savicz	Tel lac
32	丽石黄衣 *Xanthoria elegans* (Link) Th.Fr.	Xan ele
33	粉芽石黄衣 *Xanthoria sorediata* (Vainio) Poelt	Xan sor
34	皮果衣 *Dermatocarpon miniatum* (L.) W.Mann	Der min
35	短绒皮果衣 *Dermatocarpon vellereum* Zschacke	Der vel
36	中华石果衣 *Endocarpon sinense* H.Magn.	End sin
37	翘白角衣 *Siphula pteruloides* Nyl.	Sip pte

应用双向指示种分析方法(TWINSPAN)和除趋势对应分析法(DCA)进行岩面生地衣群落数值分类[28-29]。TWINSPAN 分析的参数设置为,假种切割水平采用 5 级,合计水平值分别为 0、2、5、10、20;分类最小种组采用 5 个;每次分类的指示种最大数量为 10 个;最终结果矩阵显示的最大物种为 699;分类的最大水平

数为 6 次;各假种水平的加权值分别为 1、1、2、2、3。TWINSPAN 分类图左边数字为地衣种编号和拉丁名缩写,最上方为样点编号,最下方是样点分组结果,最右边是地衣分类结果,中间数字为分级水平,"—"表示地衣种在该样方不存在,"1"表示一次分类结果,"0"表示另一组[30-31]。DCA 排序时对数据进行对数转换,未处理稀有种,选择 Kaiser′s rule 确定排序轴。采用典范对应分析(CCA)对岩面生地衣种类的分布格局进行分析。CCA 分析时,由除趋势对应分析(DCA)得出地衣种的单峰响应值(梯度长度 SD)。当 SD>2 时,即可进行 CCA 分析。对标准化后的地衣种类盖度数据进行卡方处理;环境因子采用最大值法进行标准化处理[8,16,18,29]。地衣群落物种多样性指数和均匀度指数能够客观地反映群落内物种组成以及物种在各群落内部的分布特征[2],而群落相似性指数是比较不同群落相似性关系的重要参数[2,32]。本文我们根据岩面生地衣的种类和盖度,计算岩面生地衣群落的 Shannon-Wiener 多样性指数、Simpson′s 多样性指数、Margalef 丰富度指数、Patrick 丰富度指数和 Pielou 均匀度指数,比较各群落的多样性。计算 Sörensen′s 相似性指数和 Jaccard′s 相似性指数,比较各群落间的相似性特点。

Shannon-Wiener 多样性指数(H')计算公式[32-34]:

$$H' = \sum_{i=1}^{s} p_i \log_2 p_i$$

式中,p_i为第 i 物种相对盖度的百分比,$p_i = n_i/N$,其中 n_i为第 i 物种的相对盖度;N 为 s 个种的相对盖度之和。

Simpson′s 多样性指数计算公式(D):

$$D = 1 - \sum_{i=1}^{s} p_i^2$$

式中,S 为物种数量,p_i为第 i 物种相对盖度的百分比。

Margalef 丰富度指数(D_{Ma}):

$$D_{\mathrm{Ma}} = \frac{S-1}{\ln N}$$

式中,S 为群落中物种相对盖度的之和, N 为群落中观察到的物种总相对盖度。

Patrick 丰富度指数:$D_p = S$,其中 D_p为丰富度指数;S 为群落内的物种数[32-34]。

Pielou 均匀度指数用以下公式来计算:$J = \dfrac{H'}{H_{\max}}$

式中,J 为均匀度指数,H' 为实测多样性值,$H_{\max}$ 为理论上群落多样性的最大值 $H_{\max} = \log_2 S$,其中 S 为总物种数[32-34]。

Sörensen′s 相似性指数(S_o):　　$S_o = \dfrac{2S_{12}}{2S_{12} + S_1 + S_2}$

式中,S_{12}为两个群落共有的物种数;$S_1(S_2)$ 为群落 1 (群落 2)中的物种数。

Jaccard′s 相似性指数(J_a):　　$J_a = \dfrac{S_{12}}{S_1 + S_2 - S_{12}}$

式中,S_{12}为两个群落都出现的物种数;$S_1(S_2)$ 为群落 1 (群落 2)中的物种数。

应用 WinTWINS 2.3 统计软件进行双向指示种分析,利用 MVSP 3.13d for Windows 软件包进行除趋势对应和典范对应分析。

2　结果

2.1　岩面生地衣群落数量分类

以岩面生地衣盖度为指标,对研究区域的 20 个样点进行 TWINSPAN 与 DCA 分析,分别得到图 1 与图 2。从 TWINSPAN 图上,20 个样点依据岩面生地衣盖度指标,可被分成 5 个岩面生地衣群丛。

群丛 1:包括样点 2、11、12 和 13,除了样点 2 分布在海拔 1400m 外,其他样点分布在海拔 2500—2750m 之

间。主要地衣种类有斑纹网衣(*Lecidea tessellata*)、杜瑞氏黄梅(*Xanthoparmelia durietzii*) 、粉芽盾衣(*Peltula euploca*)、盾脐鳞衣(*Rhizoplaca peltata*) 、包氏饼干衣(*Rinodina bohlinii*)、粉盘平茶渍(*Aspicilia alphoplaca*)、白边平茶渍(*Aspicilia sublaqueata*)、伴藓大孢蜈蚣衣(*Physconia muscigena*)等 25 种。地衣总平均覆盖度为 30.145%,盖度最大的是斑纹网衣,为 4.275%;其次为粉芽盾衣,盖度为 3.803%。命名为斑纹网衣+粉芽盾衣+杜瑞氏黄梅群丛。

群丛 2:包括样点 1、3、4 和样点 7,分布在海拔 1290—2150m 之间。主要地衣有袋衣(*Hypogymnia physodes*)、白边平茶渍(*Aspicilia sublaqueata*)、墙茶渍(*Lecanora muralis*)、砖孢胶衣(*Collema subconveniens*)、丽石黄衣(*Xanthoria elegans*)、粉盘平茶渍(*Aspicilia alphoplaca*)、杜瑞氏黄梅(*Xanthoparmelia durietzii*)等 17 个种。地衣总平均盖度为 15.885%,盖度最大的是袋衣,为 2.533%;其次白边平茶渍,为 1.933%。命名为袋衣+白边平茶渍+砖孢胶衣群丛。

群丛 3:包括样点 5、6、8、9、10、14。分布在海拔 1950—2800m 之间的针阔叶林混合林带和针叶林带。主要地衣有聚茶渍(*Lecanora accumulata*)、丽石黄衣(*Xanthoria elegans*)、袋衣(*Hypogymnia physodes*)、亚洲平茶渍(*Aspicilia asiatica*) 、蓝灰蜈蚣衣(*Physcia caesia*)、包氏饼干衣(*Rinodina bohlinii*)、中华石果衣(*Endocarpon sinense*)等 30 个种。地衣总平均盖度为 37.87%,盖度最大的是聚茶渍,为 3.877%,其次丽石黄衣,为 2.597%。命名为聚茶渍+丽石黄衣+亚洲平茶渍群丛。

群丛 4:包括样点 15、18、19。分布在海拔 2900—3400m 之间。主要地衣有中华石果衣(*Endocarpon sinense*)、伴藓大孢蜈蚣衣(*Physconia muscigena*)、垫脐鳞衣(*Rhizoplaca melanophthalma*)、杜瑞氏黄梅(*Xanthoparmelia durietzii*)、粉芽盾衣(*Peltula euploca*) 、绿黑地图衣(*Rhizocarpon viridiatrum*)、短绒皮果衣(*Dermatocarpon vellereum*)、包氏饼干衣(*Rinodina bohlinii*)等 24 个种。地衣总平均盖度为 30.458%,其中中华石果衣的盖度最大为 5.26%,其次为伴藓大孢蜈蚣衣为,3.806%。命名为中华石果衣+伴藓大孢蜈蚣衣+垫脐鳞衣群丛。

群丛 5:包括样点 16、17 和 20,分布在海拔 3000—3500m 之间。主要地衣种类有石胶衣(*Collema flaccidum*)、短绒皮果衣(*Dermatocarpon vellereum*)、绿黑地图衣(*Rhizocarpon viridiatrum*)、伴藓大孢蜈蚣衣(*Physconia muscigena*) 、砖孢胶衣(*Collema subconveniens*)、翘白角衣(*Siphula pteruloides*)、东方黄梅(*Xanthoparmelia orientalis*)等 18 个种。地衣总平均盖度为 19.331%,盖度最大的是石胶衣,为 2.332%;其次为

```
                  111       1  1111112
                  12321347580694589670

12 Lec   mur      ----1-2521----1-----   00000
 9 Lec   acc      1---55-545331-------   00001
17 Hyp   phy      -1-243223443--2-----   00001
22 Phy   cae      --1--3--223-1-------   00001
32 Xan   cle      -2--422-442123------   00001
 6 Asp   asi      -1-41---21211-------   0001
11 Lec   kuk      1--51----1--21------   0001
 8 Meg   ver      --21----------------   00100
14 Rhi   pel      222-1-1-------------   00100
16 Lec   tes      433122--------------   00100
30 Cal   sax      2-2------1----------   00100
 5 Asp   alp      -45-2-12212---------   00101
34 Der   min      5-3-2-4-------------   00101
 1 Gly   sca      -3-1--------2---1---   0011
 7 Asp   sub      -5-22221------1-2---   0011
19 Xan   dur      434455223--2-122----   0011
29 Pel   eup      5533-4-312132--112-2   0011
15 Lec   sub      522-33-1--1---112-11   010
33 Xan   sor      34--3---1-----2-----   010
21 Xan   som      12--4---2-3--231--12   011
24 Rin   boh      -45-3-2-43311--22232   011
27 Rhi   geo      -34------1----1-1-2-   011
20 Xan   ori      ---2----1-----2-----   100
36 End   sin      2-2--2--2-231-331--2   100
37 Sip   pte      --------1--11-----2-   100
 3 Col   fus      ---3231--21-------35   101
 4 Col   sub      ----3441---1-24-3223   101
25 Rin   dem      --------1----432----   101
26 Rhi   vir      ----4--2521---323542   101
10 Lec   hag      ----1--------11--2-1   110
23 Phy   mus      145----24-1--1422455   110
28 Umb   ver      -5---1--------4-1--1   110
31 Tel   lac      423-------2---4---55   110
 2 Col   fla      ---211-------1422323   111
13 Rhi   mel      ------1----1--5552-5   111
18 Xan   cor      -----------1---311-2   111
35 Der   vel      ----2---------322221   111

                  00000000000000111111
                  00011111111111000111
                      1111111111
                      0000000000
                      0000111111
                          000111
```

图 1 TWINSPAN 分类结果矩阵图

Fig.1 The matrix of species and sampling site classification by TWINSPAN

缩写参数,参见表 2

短绒皮果衣,为 1.891%。命名为石胶衣+短绒皮果衣+绿黑地图衣群丛。

TWINSPAN 以间断形式对 20 个样点进行了划分,DCA 排序以连续形式表明 20 个样点间岩面生地衣种类组成上的关系。DCA 排序结果表明,第一排序轴的特征值为 12.441,累计贡献率为 43.289,第二排序轴的特征值为 4.035,累计贡献率为 57.331;而第三排序轴的特征根为 2.450,累计贡献率为 65.856,说明 20 个样点在时空分布上得到了很好的排序效果,岩面生地衣群落类型在排序图上的分类与 TWINSPAN 分类结果吻合。

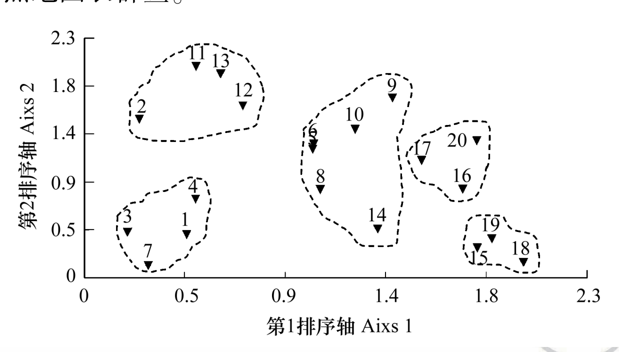


图 2　20 个样点的除趋势对应排序图

Fig.2　DCA ordination diagram of 20 sampling sites

1—20 表示样点序号

2.2　岩面生地衣群落物种多样性

对 5 个岩面生地衣群落进行了 Shannon-Wiener 多样性指数、Simpson′s 多样性指数、Margalef 丰富度指数和 Patrick 丰富度指数的分析(表 3)。从表 3 可以看出,群丛 3 的多样性最大为 4.357,其次为群丛 1,为4.025;群丛 2 的多样性最低为 3.196。物种在群丛 1 和群丛 3 的分布比较均匀,均匀度分别为 0.866 和 0.887。

Jaccard′s 相似性指数和 Sörensen′s 相似性指数的分析表明(表 4),群落 1 和群落 4 的相似性最大分别为 0.815 和 0.898,其次为群落 1 和群落 5,为 0.433 和0.605;群落 2 和群落 3 的相似性最低为 0.321 和 0.486。

表 3　岩面生地衣群落多样性和均匀度指数

Table 3　Saxicolous lichen association diversity and evenness index

群落参数 Assoc. parameter	群丛 1 Assoc. 1	群丛 2 Assoc. 2	群丛 3 Assoc. 3	群丛 4 Assoc. 4	群丛 5 Assoc. 5
Patrick 丰富度指数(D_p) Patrick abundance index(D_p)	25	17	30	24	18
Shannon-Wiener 多样性指数(H') Shannon-Wiener diversity index(H')	4.025	3.196	4.357	3.912	3.515
Margalef 丰富度指数(D_{Ma}) Margalef abundance index(D_{Ma})	4.717	3.787	5.440	5.264	3.631
Simpson′s 多样性指数计算公式(D) Simpson′s diversity index(D)	0.916	0.714	0.963	0.898	0.785
Pielou 均匀度指数(J) Pielou evenness index(J)	0.866	0.752	0.887	0.853	0.843

群丛 1—群丛 5 代表 5 个不同的岩面生地衣群落

表 4　岩面生地衣群落相似性指数

Table 4　Saxicolous lichen association Sörenson′s and Jaccard′s similarity index

Sörenson′s 相似性 Sörenson′s similarity	群丛 2 Assoc. 2	群丛 3 Assoc. 3	群丛 4 Assoc. 4	群丛 5 Assoc. 5
群丛 1 Assoc.1	0.375	0.344	0.815	0.433
群丛 2 Assoc. 2		0.321	0.387	0.370
群丛 3 Assoc. 3			0.355	0.286
群丛 4 Assoc. 4				0.400
Jaccard′s 相似性 Jaccard′s similarity	群丛 2 Assoc.2	群丛 3 Assoc.3	群丛 4 Assoc.4	群丛 5 Assoc. 5
群丛 1 Assoc.1	0.545	0.512	0.898	0.605
群丛 2 Assoc.2		0.486	0.558	0.541
群丛 3 Assoc.3			0.524	0.494
群丛 4 Assoc.4				0.571

2.3 分布格局与环境因子的关系

为了确定影响岩面生地衣物种分布的自然和人为因素,对 37 种岩面生地衣与环境参数数据进行了 CCA 分析。CCA 排序结果见图 3,排序图中用圆形、正三角形、菱形和倒三角形来表示各象限的岩面生地衣种类。从 CCA 排序图可见,第一象限的种类的分布与海拔、岩石 pH、岩石大小等有关。其中垫脐鳞衣 *Rh. melanophthalma*(10)、小茶渍 *L.hageni*(13)、朝鲜黄梅 *X.coreana*(18)、伴藓大孢蜈蚣衣 *Ph.muscigena*(23)等种类分布在高海拔、光照较强和 pH 值较高的裸露的岩石表面。地图衣 *Rh.geographicum*(27)、淡肤根石耳 *U. verginis*(28)、灰黄枝衣 *T.lacunosus*(31)和中华石果衣 *E.sinense*(36)等种类分布在中等海拔地区,较大的岩石表面,但对岩石 pH 的要求不高。亚凹网衣 *L.subconcava*(15)和包氏饼干衣 *R.bohlinii*(24)的分布与岩石坡向的关系较大。

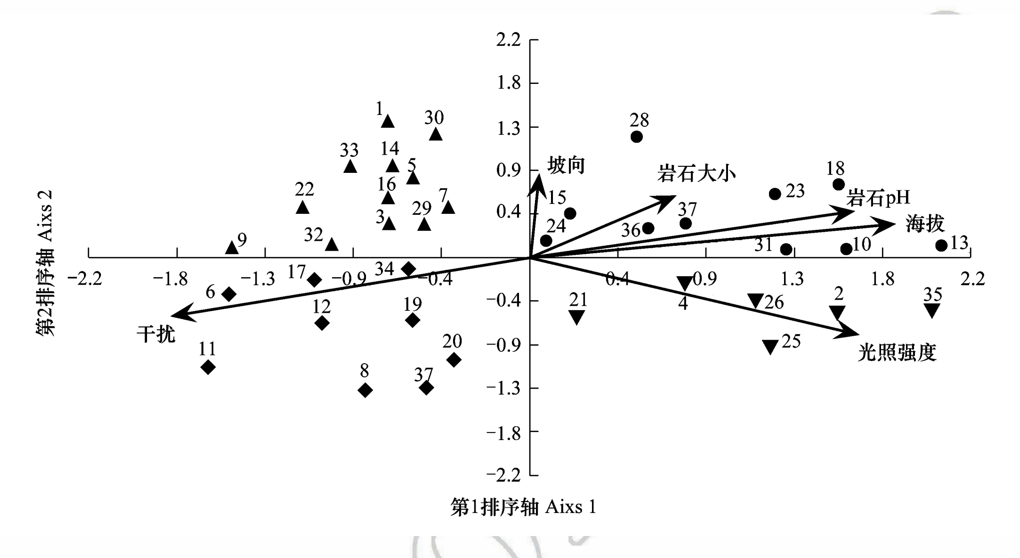


图 3 岩面生地衣分布与环境因子关系的 CCA 排序图

Fig.3 CCA revealing the relationships of the saxicolous lichens species with environmental factors

第二象限中糙聚盘衣 *G.scabra*(1)、黑绿胶衣 *C.fuscovirens*(3)、斑纹网衣 *L.tessellata*(16)、蓝灰蜈蚣衣 *Ph.caesia*(22)、石橙衣 *C.saxicola*(30)、粉芽石黄衣 *X.sorediata*(33)、盾脐鳞衣 *Rh.peltata*(14)、丽石黄衣 *X. elegans*(32)、聚茶渍 *L. accumulata*(9)等种类广泛的分布在不同海拔的岩石表面;而粉芽盾衣 *P. euploca*(29)、白边平茶渍 *A.sublaqueata*(7)和粉盘平茶渍 *A.alphoplaca*(5)较多的分布在光照较弱的低和中海拔地区的岩石。第三象限的亚洲平茶渍 *A.asiatica*(6)和青海茶渍 *L.kukunorensis*(11)分布在人为干扰较大的区域,小疣巨孢衣 *M.verrucosa*(8)、墙茶渍 *L.muralis*(12)、袋衣 *H.physodes*(17)、翘白角衣 *S.pteruloides*(37)分布在干扰较少的中海拔地区;杜瑞氏黄梅 *X.durietzii*(19)、东方黄梅 *X.orientalis*(20)和皮果衣 *D.miniatum*(34)分布在人为干扰较少的地带中。第四象限中地衣种类的分布受到光照的影响,其中石胶衣 *C.flaccidum*(2)矮饼干衣 *R.demissa*(25)、绿黑地图衣 *Rh.viridiatrum*(26)和短绒皮果衣 *D.vellereum*(35)等种类分布在光照强的高海拔和裸露,植被郁闭度较低的地带。砖孢胶衣 *C.subconveniens*(4)和菊叶黄 *X.somloensis*(21)分布在中等海拔,干扰较少的地带。

在 CCA 排序图中与第一排序轴的相关系最大的是海拔高度(R=0.810);其次是光照强度(R=0.729);再次是岩石 pH(R=0.716)。与第一排序轴相关性最小的是坡向(R=0.021),其次为岩石大小(R=0.322);人为干扰与第一排序轴的相关性为负值(R= −0.793)。与第二排序轴相关性最大的是坡向(R=0.473),其次为岩石大小(R=0.353),与岩石 pH 和海拔的相关性较小,分别为 0.259 和 0.185;第二排序轴与光照强度和人为干扰的相关性为负值分别为-0.446 和-0.336。从相关性分析可知,博格达山岩面生地衣群落种类的分布主要受到海拔高度、光照强度、岩石 pH 等因素的影响和限制;而岩石大小、坡向和人为干扰等因素的影响不大,从而形成了不同海拔岩面生地衣群落的地带性分布格局。

3　讨论

岩面生地衣作为先锋生物在植物群落原生演替早期首先定居在裸露而条件极差的岩石环境,经常受到剧烈变化的极端温度、水分和养分含量无规则波动和变化的影响。国外已有的研究表明,岩面生地衣群落的结构和物种组成随着海拔、坡度、光照、养分丰富度、岩石理化性质、雪的盖度和岩石表面微地形而发生变化[10,35-37]。Matthes 等在加拿大安大略省 Niagara Escarpment 生物圈保护区采用 DCA、CCA 和 PCCA 等群落多元排序方法,研究了 12 个环境变量与石生地衣群落物种空间分布格局的关系[10]。结果发现,研究地区的石生地衣群落的物种组成受到岩石坡度、坡向、光照、湿度等因素小尺度变化的影响,同时发现由于受到人为干扰的影响叶状和枝状地衣种类组成从北到南呈现出梯度性减少的格局。Bjelland 在挪威西部 Vingen 地区研究植被盖度、光照、栖息地微环境变量(岩石大小、岩石表面粗糙度、岩石表面凹度)和海洋因素对岩面生地衣物种组成的影响时发现,岩面生地衣群落的种类组成很少受到栖息地微环境变量的影响,但植被盖度对地衣群落的影响大于光照、海洋因素等的影响[36]。艾尼瓦尔·吐米尔等研究乌鲁木齐南部山区森林生态系统岩面生地衣群落时发现,海拔 1100—2200m 之间的阔叶针叶混交林带湿润石生地衣群落占优势;在海拔 2300—2800m 的植被高度比较低,太阳辐射强烈,湿度较低地区形成了干燥石生地衣群落。而海拔 2800m 以上的高山岩石上,耐寒、耐旱的地衣种类较多,形成了高山石生地衣群落[16]。艾尼瓦尔·吐米尔等报道阿尔泰山两河源自然保护区和托木尔峰国家级自然保护区的岩面生地衣群落的物种组成和分布具有海拔地带性分布特征[18,20]。

本研究结果表明,在博格达山分布在不同海拔的岩面生地衣群落多样性和相似性间存在差异。分布在低中海拔地区的群丛 2 中岩面生地衣种类的组成和分布除了受到自然因素的影响外,还受到环境污染等人为因素的影响,因此物种多样性较低。群丛 1、群丛 3 和群丛 4 基本分布在中高海拔地区,因为该地带的岩石表面湿度较好,光照强度适中、岩石腐蚀程度高,所以物种多样性最高。群丛 5 分布在高山垫状植被带,该地带光照强烈、降水量丰富、温度低,风速高,地衣种类主要由耐旱、耐寒的壳状地衣组成,地衣种类的分布受到海拔、光照和岩石 pH 的影响较大。Allen 等在欧洲的研究表明,岩面生地衣群落的种类组成和丰富度随着岩石的坡向而发生变化[38]。MacDonald 等在加拿大 Nova Scotian 沿海地区对岩面生地衣群落研究时发现,岩石朝着海洋的一面上岩面生地衣的丰富度和盖度低于相对面[39]。本研究中我们发现在博格达山地区岩石的坡度可以改变岩石表面的曝光度和接受的太阳直射福照度,从而导致岩石表面温度的变化,这些变化影响岩面生地衣种类组成和分布。人为干扰主要是通过改变微环境的结构和质量,导致环境污染而影响地衣代谢活动,进而导致地衣体的损害[40-41]。天池博格达山国家级自然保护区是新疆主要的旅游景点之一,科学合理的发展和管理旅游业,减少保护区内的各种人为干扰是有利于提高该地区的环境质量和生态环境的保护。同时将有效的提高该保护区的岩面生地衣物种多样性方面具有重要意义。因此,我们建议在该保护区今后应该加强对地衣群落物种组成及分布的定期研究,建立长期评价该地区环境质量变化和生物多样性动态的以地衣作为指示生物的生物学评价机制是非常必要的。

参考文献(References):

[1] James P W, Hawksworth D L, Rose F. Lichen communities in the British Isles: a preliminary conspectus // Seaward M R D, ed. Lichen Ecology. London: Academic Press, 1977: 296-413.

[2] Schoenwetter T. Epiphytic Lichen Communities on Mountain Beech, Nothofagus Solandri var. Cliffortioides in Craigieburn Forest Park, South Island, New Zealand[D]. New Zealand: Lincoln University, 2010.

[3] Ray D G, Barton J W, Lendemer J C. Lichen community response to prescribed burning and thinning in southern pine forests of the mid-Atlantic coastal plain, USA. Fire Ecology, 2015, 11(3): 14-32.

[4] 王永健, 陶建平, 彭月. 陆地植物群落物种多样性研究进展. 广西植物, 2006, 26(4): 406-411.

[5] Primack R B. Essentials of Conservation Biology. 5th ed. Sunderland, MA: Sinauer Associates, Inc., 2010: 1-215.

[6] 袁蕾, 周华荣, 宗召磊, 叶琴. 乌鲁木齐地区典型灌木群落结构特征及其多样性研究. 西北植物学报, 2014, 34(3): 595-603.

[7] Armstrong R A, Welch A R. Competition in lichen communities. Symbiosis, 2007, 43(1): 1-12.
[8] John E A. Fine scale patterning of species distributions in a saxicolous lichen community at Jonas Rockslide, Canadian Rocky Mountains. Ecography, 1990, 13(3): 187-194.
[9] John E, Dale M R T. Environmental correlates of species distributions in a saxicolous lichen community. Journal of Vegetation Science, 1990, 1(3): 385-392.
[10] Matthes U, Ryan B D, Larson D W. Community structure of epilithic lichens on the cliffs of the Niagara Escarpment, Ontario, Canada. Plant Ecology, 2000, 148(2): 233-244.
[11] Pastore A I, Prather C M, Gornish E S, Ryan W H, Ellis R D, Miller T E. Testing the competition-colonization trade-off with a 32-year study of a saxicolous lichen community. Ecology, 2014, 95(2): 306-315.
[12] Li S, Liu W Y, Wang L S, Ma W Z, Song L. Biomass, diversity and composition of epiphytic macrolichens in primary and secondary forests in the subtropical Ailao Mountains, SW China. Forest Ecology and Management, 2011, 261(11): 1760-1770.
[13] Li S, Liu W Y, Li D W. Bole epiphytic lichens as potential indicators of environmental change in subtropical forest ecosystems in southwest China. Ecological Indicators, 2013, 29(6): 93-104.
[14] 王玉良, 郑爱琴, 阿不都拉·阿巴斯. 鹞落坪树生地衣群落数量分类及多样性. 广西植物, 2011, 31(6): 747-753.
[15] 艾尼瓦尔·吐米尔, 阿不都拉·阿巴斯. 新疆阿勒泰山两河源自然保护区地面生地衣的物种多样性. 生物多样性, 2006, 14(5): 444-450.
[16] 艾尼瓦尔·吐米尔, 阿不都拉·阿巴斯. 乌鲁木齐南部山区岩面生地衣群落特征的研究. 菌物学报, 2009, 28(2): 178-188.
[17] 艾尼瓦尔·吐米尔, 阿地力江·阿不都拉, 阿不都拉·阿巴斯. 乌鲁木齐南部山区地生地衣群落分布格局. 生物多样性, 2011, 19(5): 574-580.
[18] 艾尼瓦尔·吐米尔, 阿不都拉·阿巴斯. 新疆托木尔峰国家级自然保护区岩面生地衣群落数量分类及其与环境相关性. 植物资源与环境学报, 2015, 24(2): 80-87.
[19] 艾尼瓦尔·吐米尔, 阿不都拉·阿巴斯. 阿尔泰山两河源自然保护区森林生态系统朽木生地衣群落的数量分类. 菌物学报, 2015, 34(3): 357-365.
[20] 艾尼瓦尔·吐米尔, 阿迪力江·阿不都拉, 阿不都拉·阿巴斯. 新疆阿尔泰山两河源自然保护区岩面生地衣群落特征的研究. 干旱区资源与环境, 2015, 29(9): 74-79.
[21] 张元明, 曹同, 潘伯荣. 新疆博格达山地面生苔藓植物物种多样性研究. 应用生态学报, 2003, 14(6): 887-891.
[22] 中国科学院植物研究所, 中国科学院新疆综合考察队. 新疆植被及其利用. 北京: 科学出版社, 1978: 92-223.
[23] Gates D M. Radiant energy, its receipt and disposal // Waggoner P E, Gates D M, Webb E K, van Wijk W R, Businger J A, Crawford T V, Hendershott C H, Moss D N, Johnson H D, Chepil W S, Henson W R, Gardner W R, Slavík B, Thornthwaite C W, Hare F K, McQuigg J D, eds. Agricultural Meteorology. Meteorological Monographs. Boston, MA: American Meteorological Society, 1965, 6(28): 1-26.
[24] Campbell G S, Norman J M. An Introduction to Environmental Biophysics. 2nd ed. New York: Springer-Verlag, 1997: 247-277.
[25] 阿不都拉·阿巴斯, 吴继农. 新疆地衣. 乌鲁木齐: 新疆科技卫生出版社, 1998: 25-161.
[26] Dobson F S. Lichens—— An Illustrated Guide to the British and Irish Species. 6th ed. Slough: The Richmond Publishing Co, 2011: 1-496.
[27] Brodo I M. Keys to Lichens of North America: Revised and Expanded. New Haven: Yale University Press, 2016: 1-424.
[28] Kooch Y, Jalilvand H, Bahmanyar M A, Pormajidian M R. Application of two way indicator species analysis in Lowland plant types classification. Pakistan Journal of Biological Sciences, 2008, 11(5): 752-757.
[29] Guvenc S, Oran S, Ozturk S. The epiphytic lichens on Anatolian black pine [*Pinus nigra* Arnd. subsp. *pallasiana* (Lamb.) Holmboe] in Mt. Uludag (Bursa-Turkey). Journal of Applied Biological Sciences, 2009, 3(2): 157-161.
[30] 欧光龙, 彭明春, 和兆荣, 王崇云, 王浩波, 向伶. 高黎贡山北段植物群落 TWINSPAN 数量分类研究. 云南植物研究, 2008, 30(6): 679-687.
[31] 余敏, 周志勇, 康峰峰, 欧阳帅, 米湘成, 孙建新. 山西灵空山小蛇沟林下草本层植物群落梯度分析及环境解释. 植物生态学报, 2013, 37(5): 373-383.
[32] 赵志模, 郭依泉. 群落生态学原理与方法. 重庆: 科学技术文献出版社重庆分社, 1990: 147-192.
[33] 阳含熙, 卢泽愚. 植物生态学的数量分类方法. 北京: 科学出版社, 1981: 1-420.
[34] 郭水良, 于晶, 陈国奇. 生态学数据分析——方法、程序与软件. 北京: 科学出版社, 2015: 1-272.
[35] Armstrong R A. The response of lichen growth to transplantation to rock surfaces of different aspect. New Phytologist, 1977, 78(2): 473-478.
[36] Bjelland T. The influence of environmental factors on the spatial distribution of saxicolous lichens in a Norwegian coastal community. Journal of Vegetation Science, 2003, 14(4): 525-534.
[37] Scarciglia F, Saporito N, La Russa M F, Le Pera E, Macchione M, Puntillo D, Crisci G M, Pezzino A. Role of lichens in weathering of

granodiorite in the Sila uplands (Calabria, southern Italy). Sedimentary Geology, 2012, 280(12): 119-134.

[38] Allen A, Hilton B. Distribution and zonation of maritime lichens in Sark. La Société Guernesiaise, 1987, 22(2): 234-257.

[39] MacDonald A M, Lundholm J T, Clayden S R. Saxicolous lichens on a Nova Scotian Coastal Barren. Northeastern Naturalist, 2011, 18(4): 475-488.

[40] Chen J, Blume H P, Beyer L. Weathering of rocks induced by lichen colonization—a review. CATENA, 2000, 39(2): 121-146.

[41] Johansson P. Consequences of disturbance on epiphytic lichens in boreal and near boreal forests. Biological Conservation, 2008, 141(8): 1933-1944.

附录Ⅰ　博格达山 37 种岩面生地衣在 20 个样点中的相对盖度/%

Appendix Ⅰ　Coverage of the 37 saxicolou species lichens at 20 sites in Bogda Mountain

物种 Species	样点 Sites									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	—	0.172	—	—	—	—	—	—	0.839	—
2	0.276	0.327	0.287	—	—	—	—	—	—	—
3	0.103	—	0.188	—	—	—	—	0.484	—	—
4	1.067	—	0.407	0.172	—	0.464	0.116	—	—	—
5	0.384	—	—	0.444	0.519	0.263	0.541	—	—	—
6	—	0.807	—	—	0.915	0.117	—	0.491	0.274	—
7	1.430	0.457	0.238	0.106	—	—	0.159	—	—	—
8	—	0.183	—	—	—	—	—	—	—	—
9	0.125	—	0.113	—	1.642	0.962	—	0.671	0.604	—
10	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
11	—	0.273	—	—	—	0.697	—	—	—	0.128
12	0.125	—	—	0.165	0.498	—	0.262	0.184	—	—
13	—	—	—	—	—	1.239	—	—	—	—
14	0.585	—	0.164	—	—	—	—	—	—	—
15	0.376	—	0.127	0.179	—	—	—	—	—	0.329
16	0.367	0.249	0.618	—	—	—	—	—	—	—
17	0.287	1.871	0.543	0.862	1.254	0.341	0.233	0.184	0.193	—
18	—	—	—	—		1.073	—	—	—	—
19	—	0.956	0.665	0.792	0.371	0.118	—	—	—	—
20	—	—	—	—	0.947	—	—	—	—	—
21	—	—	—	—	0.427	—	—	—	—	0.973
22	—	0.154	—	—	1.178	0.185	—	0.629	—	—
23	—	—	—	—	0.317	—	0.265	0.404	—	—
24	—	—	—	—		—	—	—	0.461	0.236
25	—	—	—	—	0.589	—	—	—	—	—
26	0.372	—	—	—	0.321	0.237	—	0.114	—	—
27	—	—	—	—		—	—	1.382	—	—
28	—	—	—	—		—	—	1.238	—	—
29	—	0.886	0.272	—		0.667	0.608	0.273	—	—
30	—	—	—	—		1.438	—	—	—	—
31	—	—	—	—		—	—	—	0.884	—
32	0.738	—	0.502	0.351	0.928	0.795	—	0.541	0.395	—
33	—	—	—	—	0.759	—	—	—	—	—
34	0.281	—	—	—	—	—	—	—	—	—
35	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
36	—	—	—	—	0.757	0.235	—		0.117	0.169
37	—	—	—	—	1.339	0.118	—	—	0.271	—

续表

物种 Species	样点 Sites									
	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
1	—	0.367	—	—	0.917	—	—	0.361	—	—
2	—		—	0.539	0.783	0.445	0.762	—	—	0.376
3	—	—	—	—	—	—	0.749	—	—	0.251
4	—	—	—	0.407	0.793	0.238	0.747	—	0.164	0.556
5	—	0.353	0.218	—	—	—	—	—	—	—
6	—	0.427	—	—	—	—	—	—	—	—
7	—	0.500		—	0.285	—	—	—	0.504	—
8	—	—	0.495	—	0.423	—	—	0.572	0.381	—
9	0.234	—	—	—	—	—	—	—	—	—
10	—	—	—	1.280	0.783	0.355	—	—	—	0.518
11	0.183	—	—	0.113	—	—	—	—	—	—
12	—	—	—	—	1.128	—	—	—	—	—
13	—	—	—	—	1.233	0.453	—	0.238	0.182	0.529
14	0.290	0.547	1.703	—	—	—	—	—	—	—
15	0.591	0.391	0.115	—	—	—	0.552	—	—	0.307
16	0.757	1.188	2.085	—	—	—	—	—	—	—
17	0.579	—		—	—	—	—	—	—	—
18	—	—	—	—	—	0.324	—	0.537	0.284	0.459
19	0.761	0.875	0.271	0.284	0.728	—	—	0.559	—	—
20	—	—	—	—	0.937	0.318	0.945	—	—	0.609
21	—	—	—	0.329	0.375		0.429	0.364	—	0.307
22	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
23	1.248	0.782	—	—	1.237	0.607	0.173	—	—	0.167
24	—	0.163	—	—	1.239	—	—	1.700	0.867	—
25	—	0.268	—	0.749	0.859	—	—	—	—	—
26	—	—	—	—	—	0.393	0.271	0.638	—	0.428
27	—	0.603	0.324	—	0.497	—	0.632	—	—	—
28	—	—	—	—	0.448	—	—	—	0.371	0.481
29	0.861	1.209	0.847	—	—	0.129	—	0.477	0.648	0.358
30	0.174	—	0.175	—	0.633	—	—	0.732	0.428	—
31	0.964	0.548	0.327	—	0.983	—	0.289	—	—	0.583
32	—	0.128	—	—	—	—	—	—	—	—
33	0.153	0.110	—	—	0.273	—	—	—	—	—
34	0.266	—	0.462	—	—	—	—	—	—	—
35	—	—	—	—		0.175	1.113	—	0.583	0.603
36	0.886	—	0.383	—	0.879	—	—	2.742	1.639	0.938
37	—	—	—	—	—	0.591	0.862	—	—	0.309